

Теория Физического Вакуума. I

(Развитие представлений о Физическом Вакууме)

Шипов Геннадий
Институт Физики Вакуума
29.10.2011

www.shipov-vacuum.com



Содержание презентаций

1. Развитие представлений о Вакууме
2. Уравнения Физического Вакуума и Всеобщий принцип относительности
3. Новые потенциалы
4. Квантовая механика полей инерции
5. Механика Декарта (теория и эксперимент)
6. Электродинамика Тесла (теория и эксперимент)
7. Поля инерции и психофизика



5000 лет назад - У панишадь о Вакууме

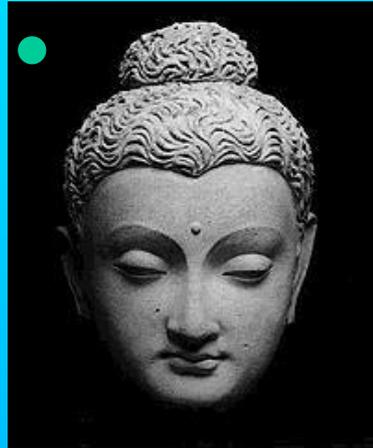
Каков источник
этого Мира?

Пространство, - ответил тот-
поистине все эти
существа выходят из пространства
и возвращаются в пространство,
ибо пространство больше их,
пространство - последнее их
убежище.



Вакуум в Античности

Уровни Реальности



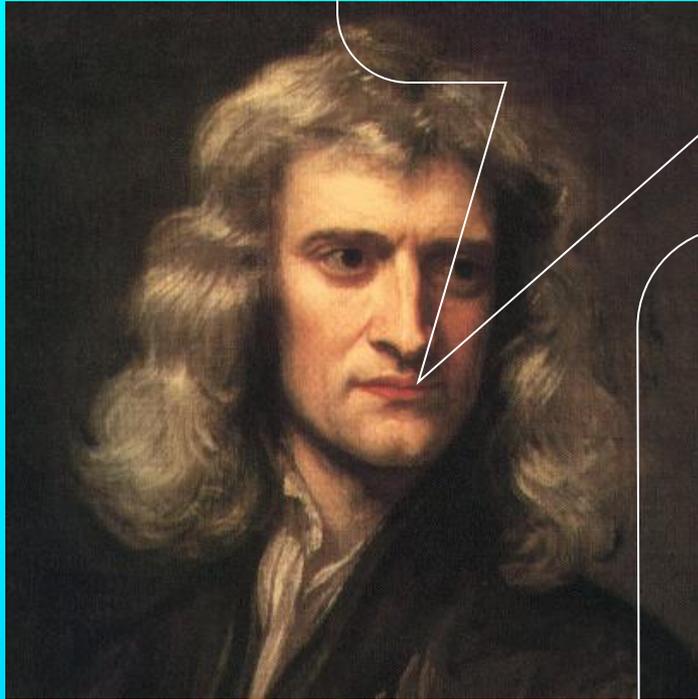
Будда (6th в. ВС)

Современная физика



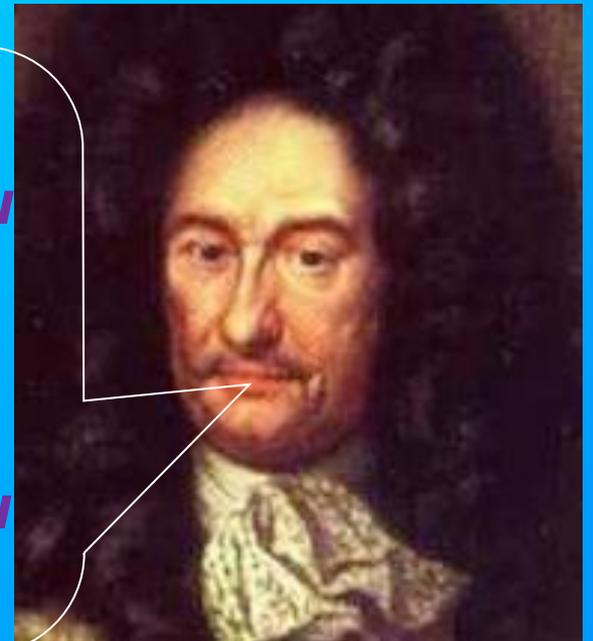
Дебаты о природе пространства волновали величайшие умы просветителей

Пространство является инструментом Бога. Оно абсолютно и существует независимо от материи.



Исаак Ньютон
(1642-1727)

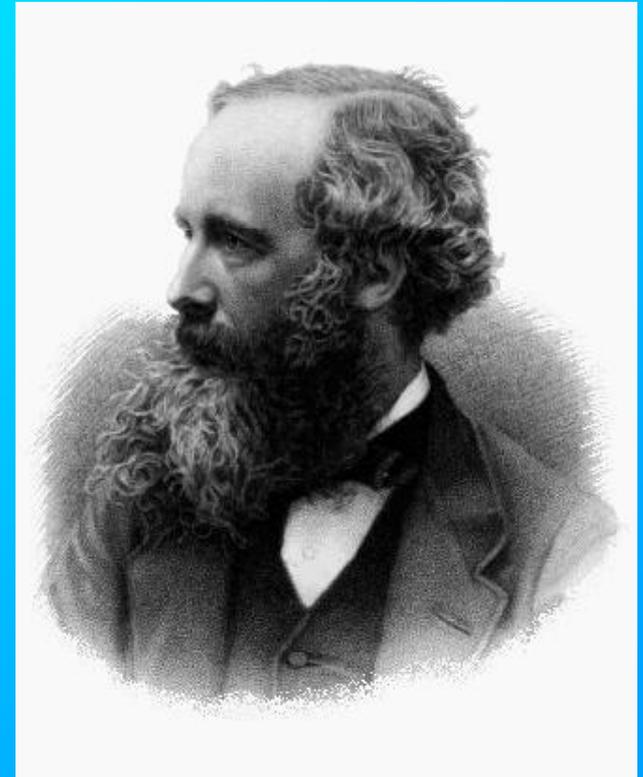
Пространство относительно и мыслится как отношения между материальными объектами



Готфрид Вильгельм
Лейбниц (1646-1716)

Электромагнитные волны и Эфир

- Мы знакомы со многими типами волн: волны на воде , звуковые волны...
- Для каждого вида волн необходима среда (вода, воздух, ...) в котором они распространяются.
- В 1863, Джеймс Клерк Максвелл показал, что свет представляет собой электромагнитные волны.
- “Очевидно,” что свет также должен распространяться в физической среде. Эта среда была названа Эфиром.



James Clerk Maxwell
(1831-1879)

Специальная теория относительности (1905)

- Эйнштейн возвел отрицательный результат эксперимента Майкельсона-Морли в фундаментальный принцип природы: Эфир не существует и:

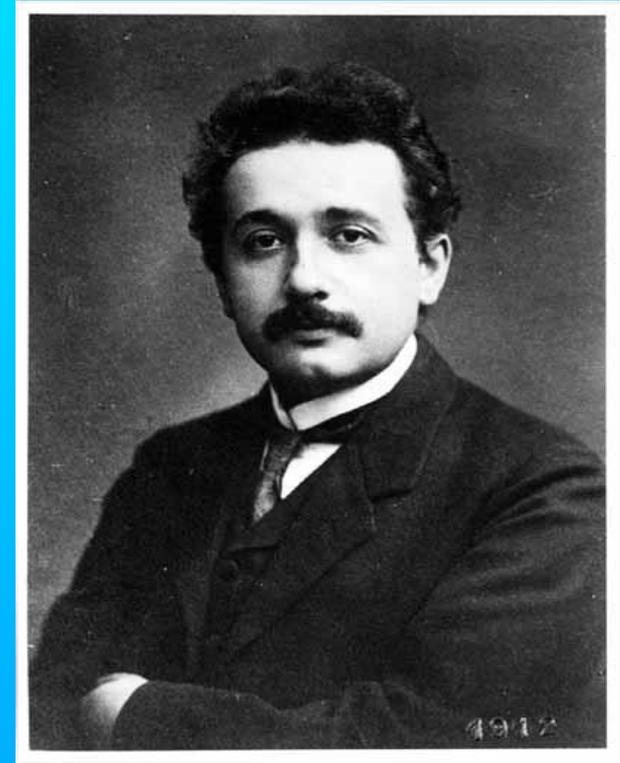
Скорость света постоянна, независима от движения источника или наблюдателя .

Это принудило его трактовать “пространство” и “время” как единое пространство-время:

Пространство

Время

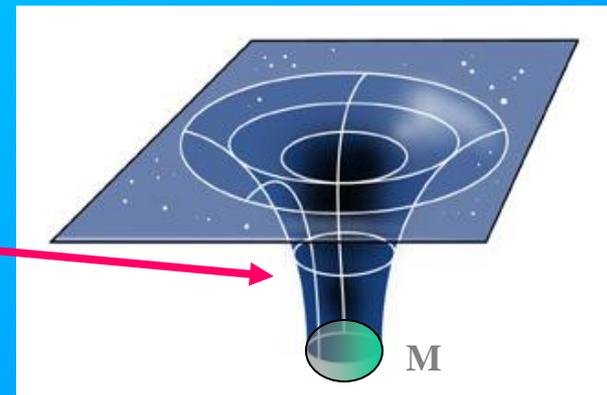
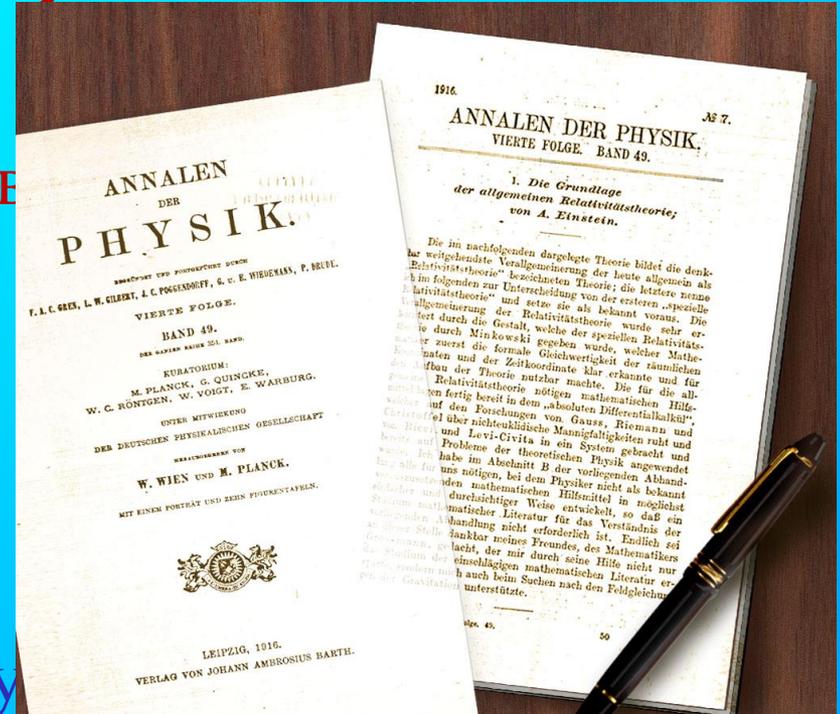
Пространство-время



Albert Einstein (1879-1955)

Общая Теория Относительности (1915)

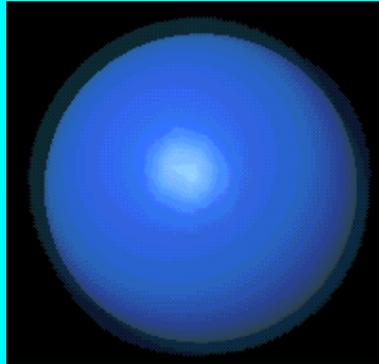
- Материя деформирует пространство-время; падающий объект движется в соответствии с прямыми линиями в искривленном 4D пространстве-времени.
- “Пространство говорит материи как двигаться; материя говорит пространству как искривляться.”
- Есть Эфир – Физический Вакуум, обладающий свойствами эластичности.



Резюме по релятивистскому Вакууму

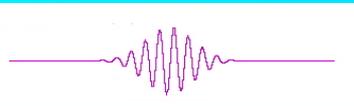
- Играет активную роль в развитии физики.
- Геометрия Вакуума не евклидова.
- Вакуум описывается уравнениями, которые подтверждаются экспериментально.
- Пространство может изменяться.
Статическая Вселенная недостижима.
Динамика пространства-времени определяет судьбу Вселенной.

Волновая механика Шредингера (1926)



$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + V\Psi$$

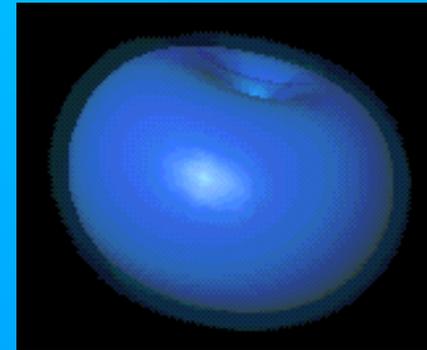
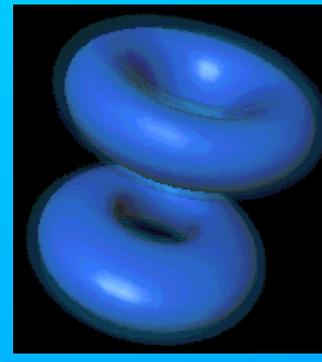
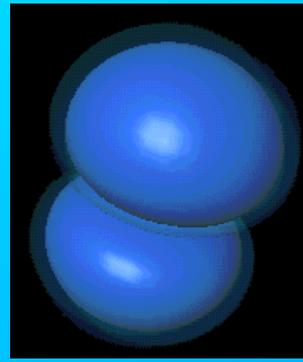
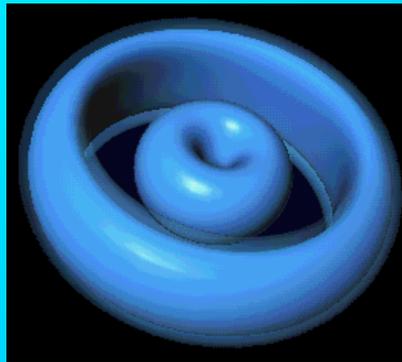
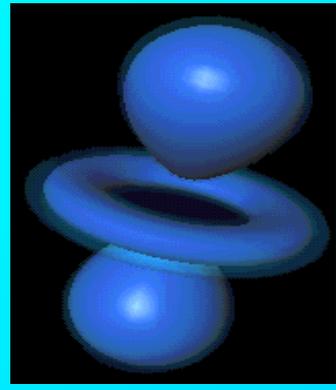
Волна - Частица



Erwin Schrödinger
(1887-1961)

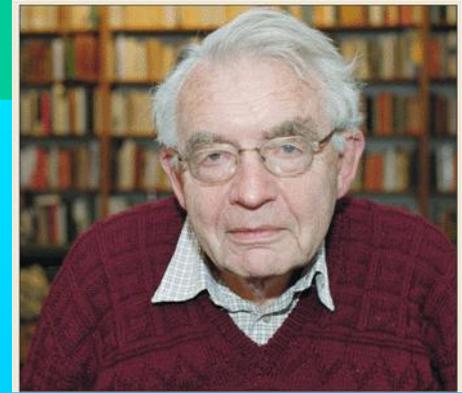


**Уравнение Шредингера описывает
структуру атомов**



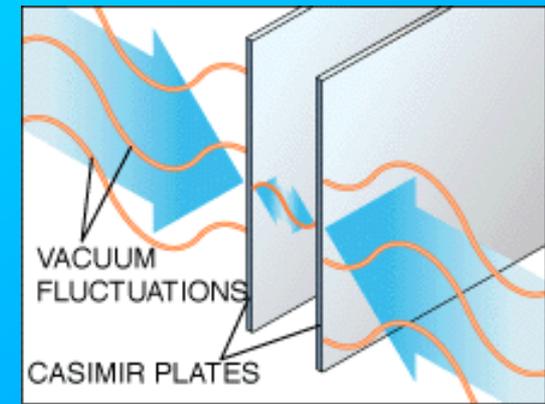
Paul Dirac **Квантовая электродинамика – самая точная
(1902-1984) теория, известная человечеству,
предсказывающая измерения с точностью до
девятого знака после запятой.**

Вакуумная энергия



Hendrik Casimir (1909-2000)

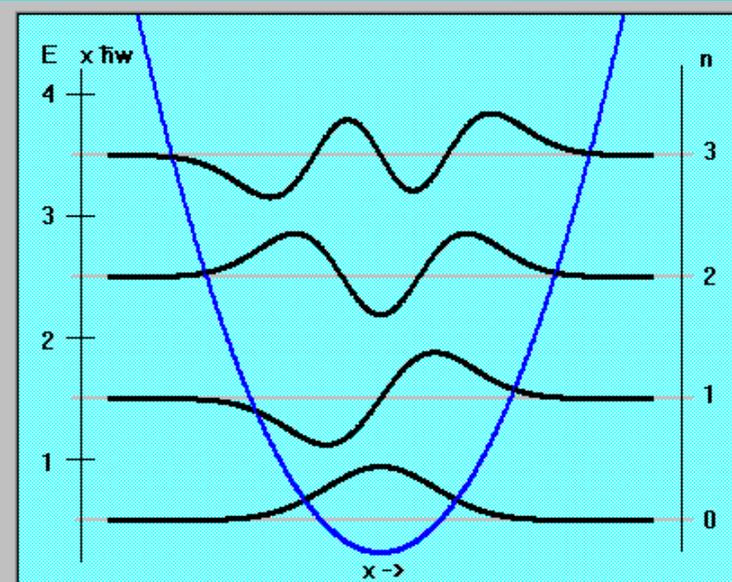
Эффект Казимира



Вакуум «кипит» флюктуациями электромагнитного поля

Квантовый осциллятор

$$E_n = (n + \frac{1}{2})h\omega \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$



Минимум возможной энергии квантового осциллятора есть:

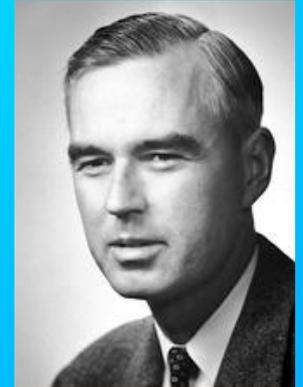
$$E_0 = \frac{1}{2} h\omega.$$

Эта энергия носит название энергия нулевой точки.

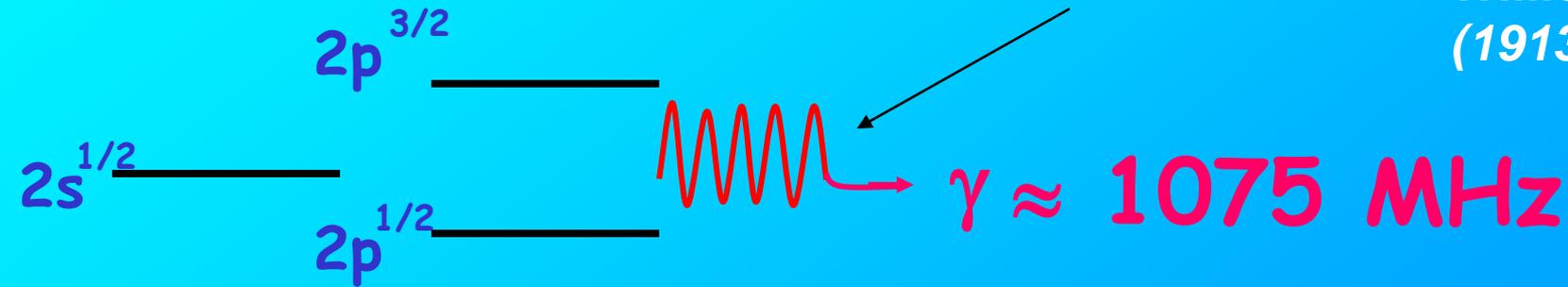
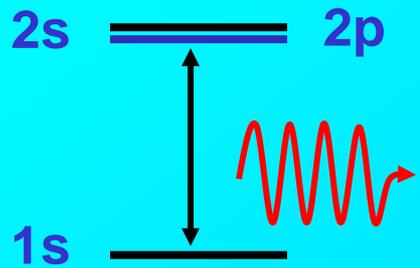
Лэмбовский сдвиг

в атоме водорода
возникает в результате:

вакуумных флуктуаций
(излученных и поглощенных
виртуальных фотонов)



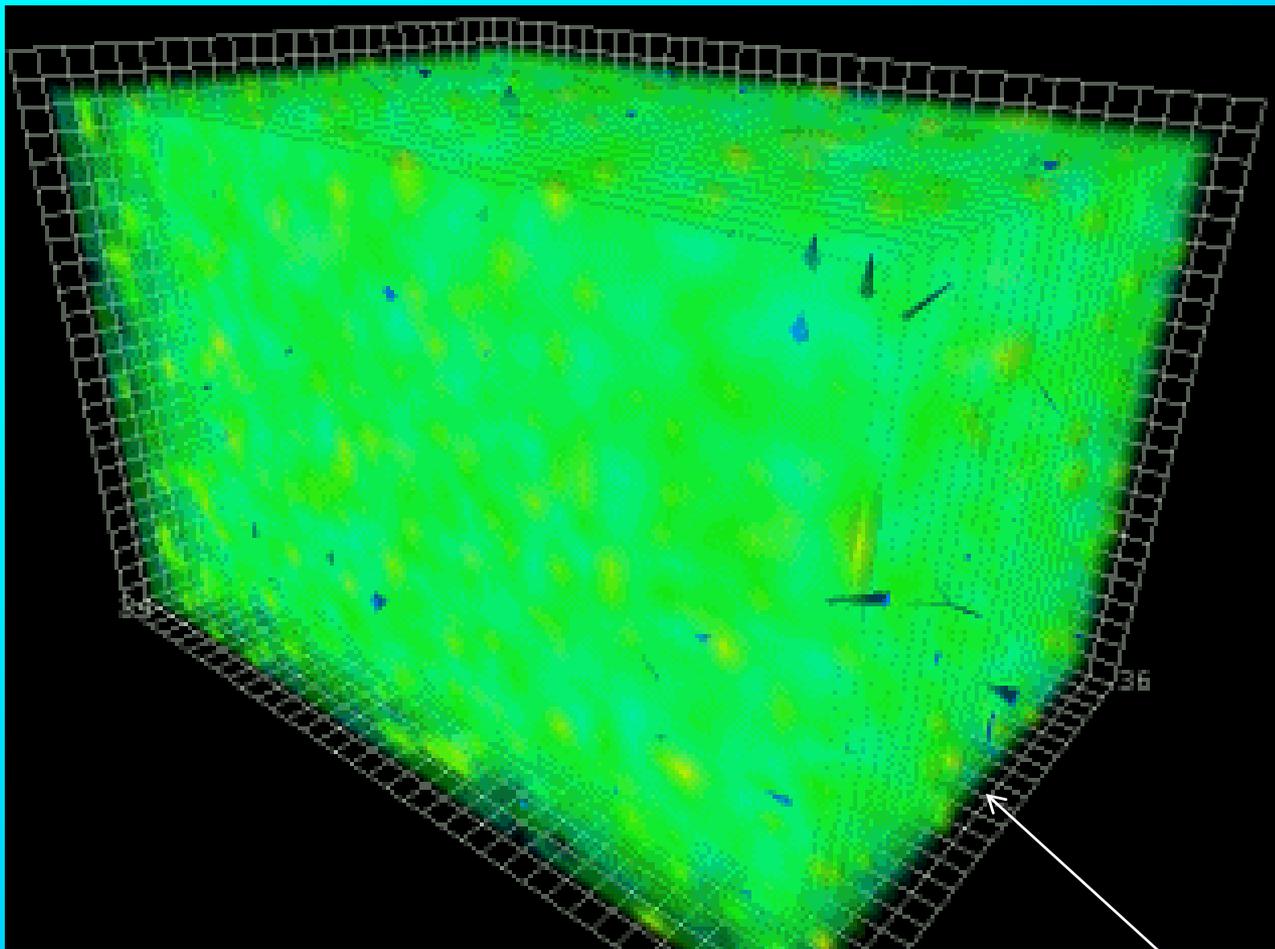
Willis Lamb
(1913-2008)



Анимация флуктуаций Физического Вакуума



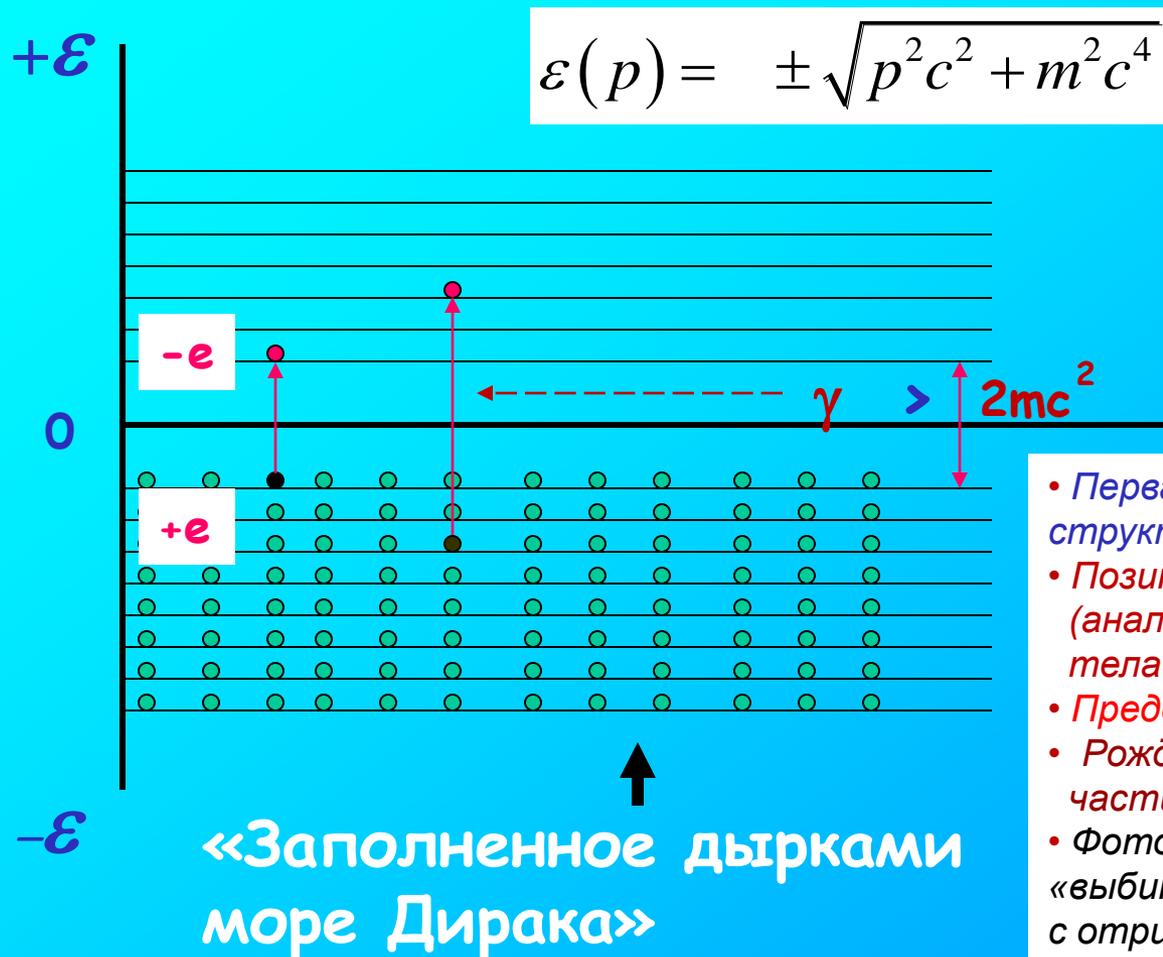
$$\ell_p = 16.163 \times 10^{-36} \text{ m}$$



$$\ell_p = (\hbar G / c^3)^{1/2} - \text{Планковская длина}$$

Увеличение 10^{34}

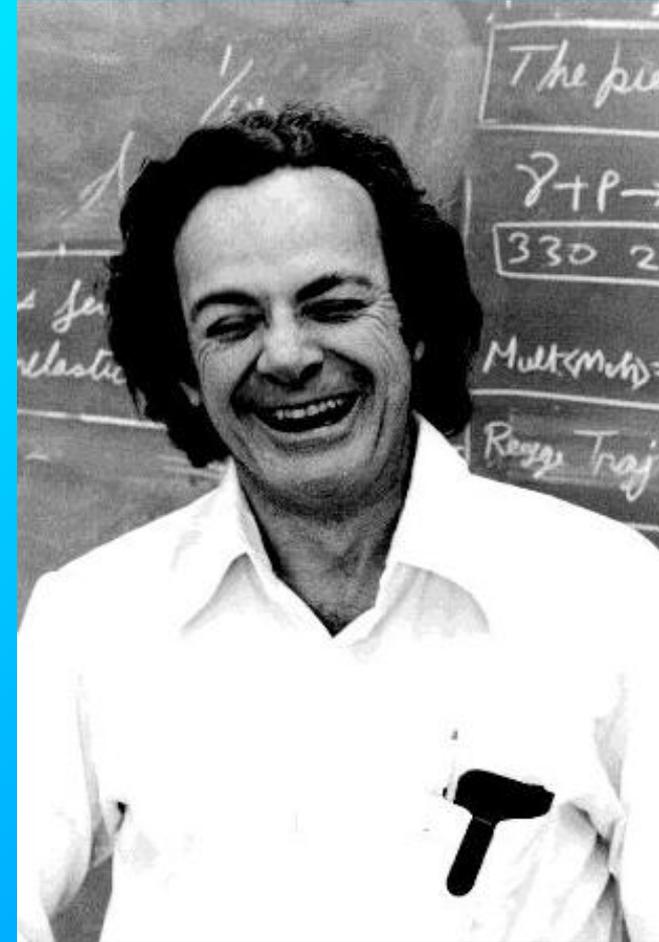
Электрон-позитронный вакуум Дирака



- Первая модель для структуры Вакуума - море Дирака
- Позитрон = дырка в море электронов (аналогия: физика твердого тела – металлы)
- Предсказание античастиц
- Рождение пар частица-античастица
- Фотон с энергией $2 mc^2$ может «выбить» электрон из состояния с отрицательной энергией в состояние с положительной энергией

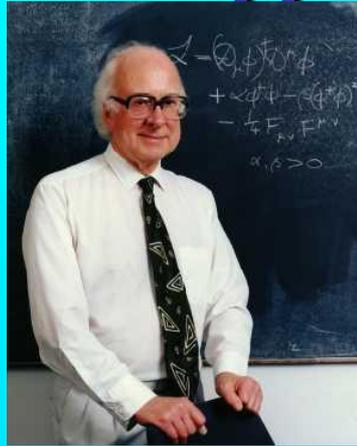
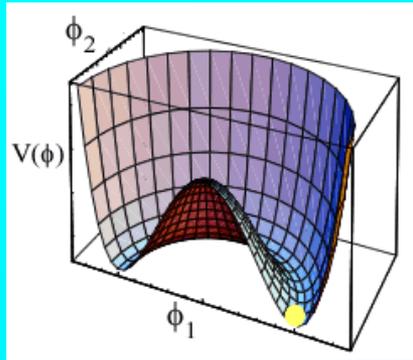
Квантовые поля

- Относительность встречает квантовую механику: все есть осциллятор!
- Каждый тип частиц (фотоны, электроны,...) описывается полем, заполняющим все пространство.
- В каждой точке пространства поле имеет возможность колебаться с любой частотой.
- Вакуум представляет собой море квантовых осцилляторов.

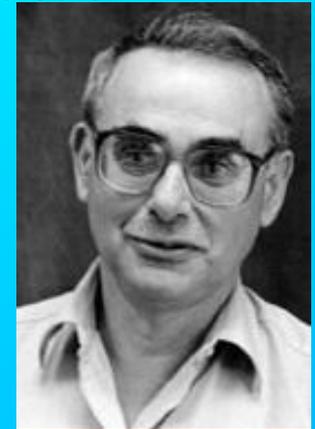
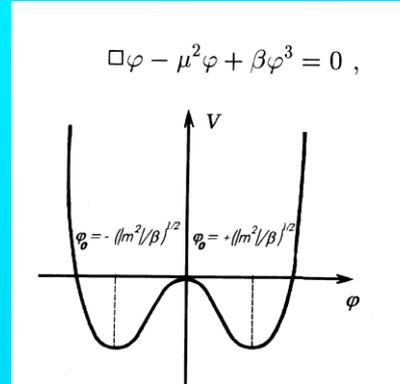


Richard Feynman (1918-1988)

Спонтанное нарушение симметрии Вакуума



Peter Higgs



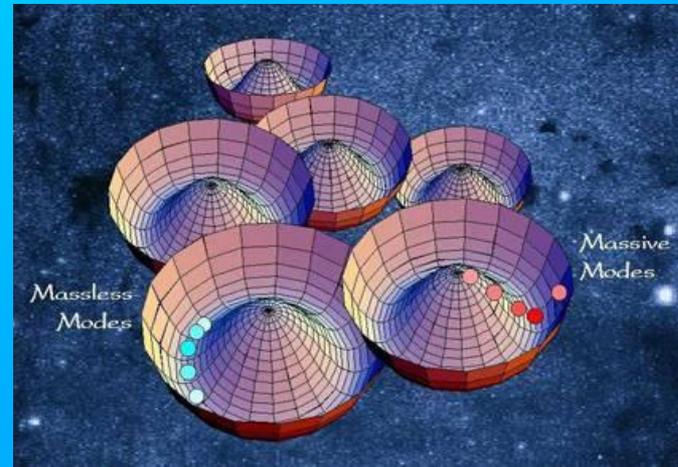
Jeffrey Goldstone

Теорема Гольдстоуна
В природе каждой симметрии, которая не относится к симметрии основного состояния, соответствует элементарная частица.

$$V(\phi) = -|\mu^2||\phi|^2 + \lambda(|\phi|^2)^2$$

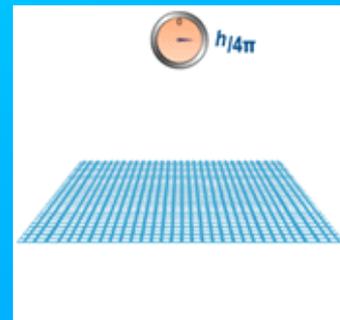
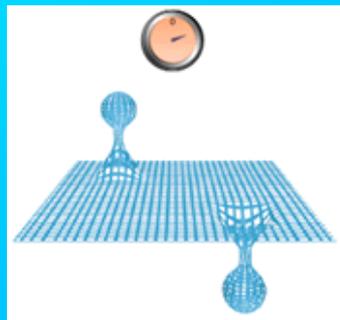
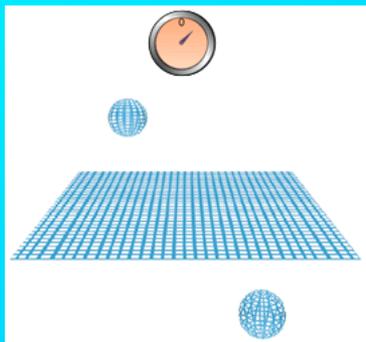
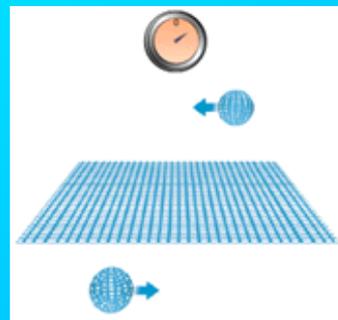
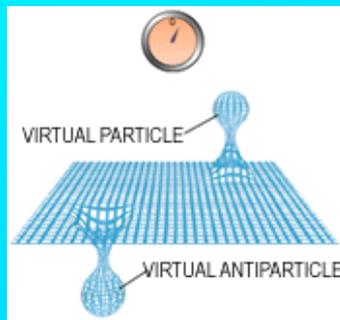
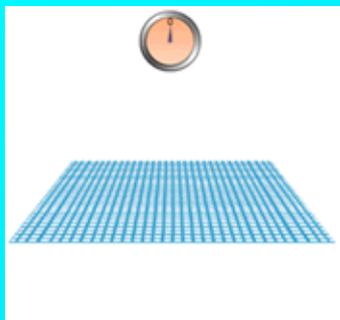
$$\mu^2 < 0$$

Масса бозона Хигса
 $m_H = (-2\mu^2)^{1/2}$
 Частица Бога



Виртуальные и реальные частицы

Основной закон сохранения Вакуума $0=0$



Никакой закон физики не нарушен если виртуальные частицы аннигилируют в течение определенного времени

Энергия Вакуума:

- Учитывая квантовую природу Вакуума, совсем не очевидно, что плотность энергии Вакуума - ноль.
- Мы можем попытаться вычислить энергию Вакуума, E_{vac} , складывая энергию нулевых колебаний всех квантовых осцилляторов полей в некоторой области.

Теория:

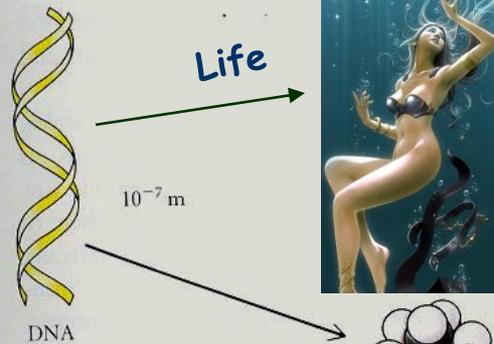
E_{vac}  бесконечность (простейшие расчеты)

$E_{vac} = 10^{55}$ (расчеты по суперсимметрии)

Реальность: $\langle E \rangle_{vac} \approx 0$

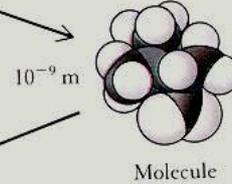
Из чего мы состоим ?

ДНК

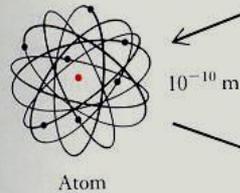


Жизнь

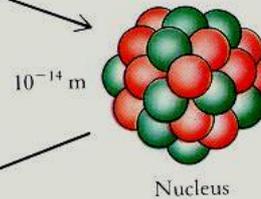
Молекула



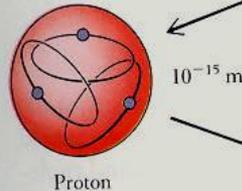
Атом



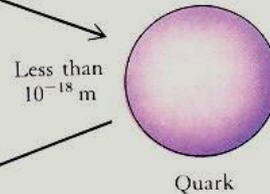
Ядро



Протон



Кварк



Вакуум



Мы представляем собой высоко организованный Вакуум!

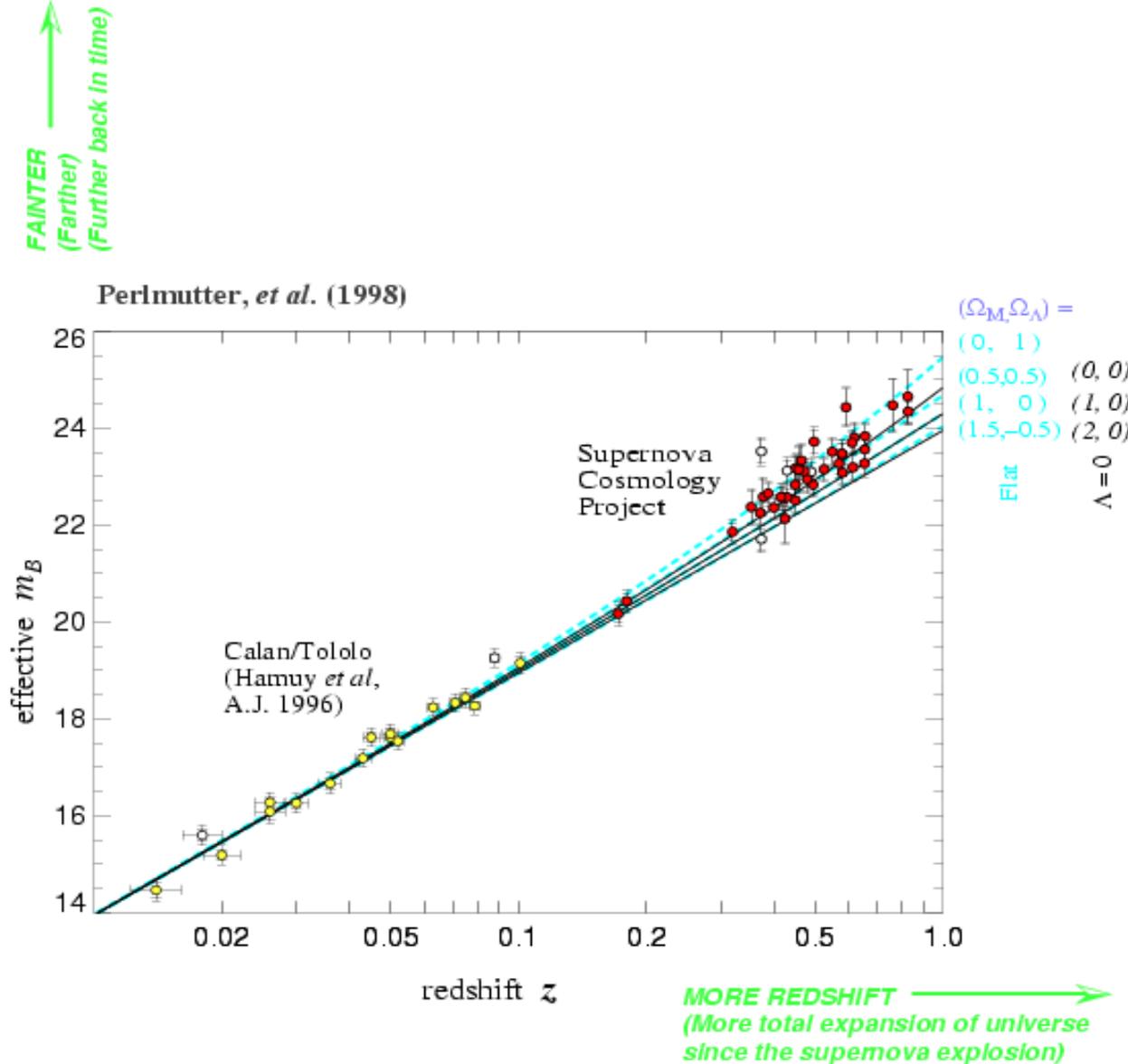
Резюме по Квантовому Вакууму

- Заполнен полями, соответствующими каждому типу частиц.
- Существует поле, описывающее потенциал, обеспечивающий рождение реальных частиц.
- В отсутствии реальных частиц квантовые флуктуации полей означают, что Вакуум не пустота, а представляет собой море «виртуальных частиц».
- Энергия вакуумных флюктуаций бесконечна.

Темная энергия - это энергия Физического Вакуума в космосе

Perlmutter et al., 1998
Riess et al., 1998

Вселенная расширялась медленнее в отдаленном прошлом!



In flat universe: $\Omega_M = 0.28 [\pm 0.085 \text{ statistical}] [\pm 0.05 \text{ systematic}]$

Prob. of fit to $\Lambda = 0$ universe: 1%

Темная энергия

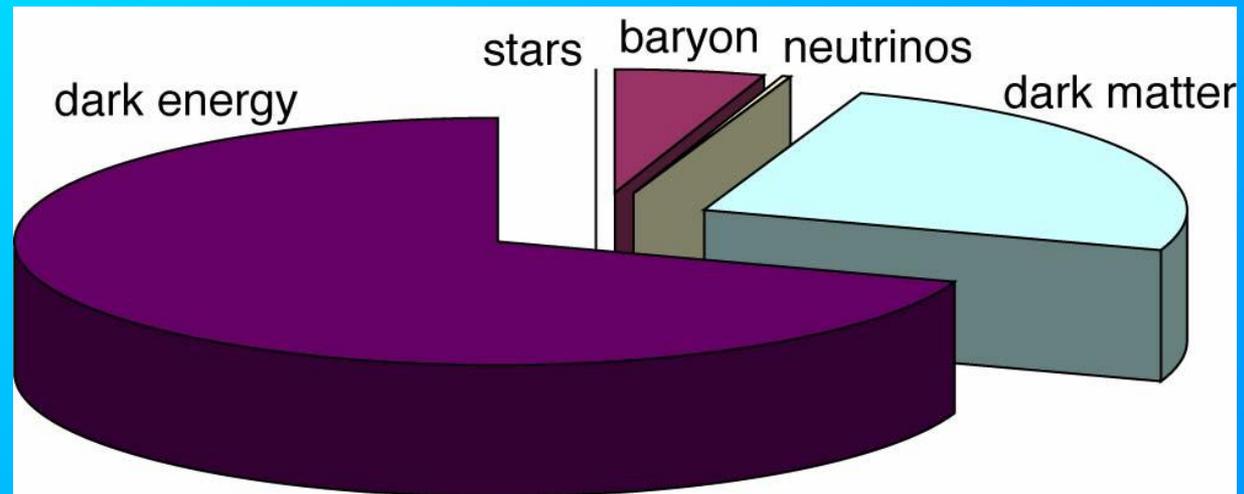
- Оказывается, у Вакуума есть плотность энергии, отличная от нуля, которая вызывает ускоренное расширение Вселенной.
- Данные (Февраль 2003):

$$E_{\text{vac}} = 0.73 \pm 0.04$$

- Этот результат говорит о том, что почти $\frac{3}{4}$ плотности энергии Вселенной определяется не материей или излучением, а самим Вакуумом!
- Космологическая константа – самое большое научное наследство Эйнштейна?

Энергетический бюджет Вселенной

- Звезды и галактики только $\sim 0.5\%$!
- Нейтрино $\sim 0.3\text{--}10\%$
- Остальная обычная материя (электроны и протоны) $\sim 5\%$
- Темная материя $\sim 30\%$
- Темная энергия (энергия космического Вакуума) $\sim 65\%$
- Антиматерия $\sim 0\%$



Резюме по релятивистскому и квантовому Вакууму

Вакуум – это динамическая среда, которая:

- Образует единое пространство-время .
- Искривлена материей, причем это искривление определяет движение материи.
- Представляет собой море виртуальных частиц, созданных квантовыми флуктуациями.
- Содержит ненулевую плотность энергии, которая составляет $\sim 70\%$ энергии Вселенной. Природа этой “Темной энергии” почти полностью неизвестна.
- Темная энергия вызывает ускоренное расширение Вселенной.

Самая горячая проблема физики на сегодняшний день – объединить релятивистский и квантовый Вакуумы!

1. Спинорные уравнения Гейзенберга

$$\begin{aligned} \nabla_{\beta\dot{\chi}} l_{\alpha} = & \nu o_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \lambda o_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \mu o_{\alpha} l_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \pi o_{\alpha} l_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \\ & - \gamma l_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \alpha l_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} + \beta l_{\alpha} l_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \varepsilon l_{\alpha} l_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}}, \end{aligned} \quad (\dot{A}_s^+ .1)$$

$$\begin{aligned} \nabla_{\beta\dot{\chi}} o_{\alpha} = & \gamma o_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \alpha o_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \beta o_{\alpha} l_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \varepsilon o_{\alpha} l_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} - \\ & - \pi l_{\alpha} o_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} + \rho l_{\alpha} o_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}} + \sigma l_{\alpha} l_{\beta} \bar{o}_{\dot{\chi}} - \kappa l_{\alpha} l_{\beta} \bar{l}_{\dot{\chi}}, \end{aligned} \quad (\dot{A}_s^+ .2)$$
$$\alpha, \beta \dots = 0, 1, \quad \dot{\chi}, \dot{\gamma} \dots = \dot{0}, \dot{1},$$

2. Спинорные уравнения Эйнштейна

$$2\Phi_{\dot{A}\dot{B}\dot{C}\dot{D}} + \Lambda \varepsilon_{\dot{A}\dot{B}} \varepsilon_{\dot{C}\dot{D}} = \nu T_{\dot{A}\dot{C}\dot{B}\dot{D}}, \quad (\dot{B}_s^+ .1)$$

3. Спинорные уравнения Янга-Миллса

$$\begin{aligned} C_{\dot{A}\dot{B}\dot{C}\dot{D}} - \partial_{\dot{C}\dot{D}} T_{\dot{A}\dot{B}} + \partial_{\dot{A}\dot{B}} T_{\dot{C}\dot{D}} + (T_{\dot{C}\dot{D}})_{\dot{A}}^{\dot{F}} T_{\dot{F}\dot{B}} + (T^+_{\dot{D}\dot{C}})_{\dot{B}}^{\dot{F}} T_{\dot{A}\dot{F}} - \\ - (T_{\dot{A}\dot{B}})_{\dot{C}}^{\dot{F}} T_{\dot{F}\dot{D}} - (T^+_{\dot{B}\dot{A}})_{\dot{D}}^{\dot{F}} T_{\dot{C}\dot{F}} - [T_{\dot{A}\dot{B}} T_{\dot{C}\dot{D}}] = -\nu J_{\dot{A}\dot{C}\dot{B}\dot{D}}, \end{aligned} \quad (\dot{B}_s^+ .2)$$
$$A, B \dots = 0, 1, \quad \dot{B}, \dot{D} \dots = \dot{0}, \dot{1},$$

плюс уравнения $\bar{A}_s^+, \bar{B}_s^+, \bar{A}_s^-, \bar{B}_s^-, \bar{A}_s^-, \bar{B}_s^-$.

Благодарю за внимание!



Продолжение следует

в презентации

Теория Физического Вакуум II

